

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-291212

(43)Date of publication of application : 19.10.2001

(51)Int.Cl.

**G11B 5/31**

G11B 5/667

(21)Application number : 2000-105837

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 07.04.2000

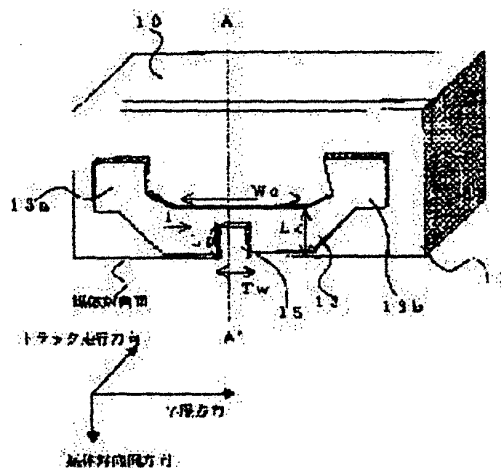
(72)Inventor : TAKEO AKIHIKO

(54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING HEAD, AND PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the destruction of the recording information of a perpendicular recording medium caused by residual magnetization by stably controlling the residual magnetization of a recording magnetic pole in a perpendicular magnetic recording head for narrow track recording.

**SOLUTION:** This perpendicular magnetic recording head for recording information in the perpendicular magnetic recording medium is provided with a recording magnetic pole for recording the information in the perpendicular magnetic recording medium, a conductor disposed near the recording magnetic pole to excite the same, and a return yoke disposed at a specified space from the recording magnetic pole. The recording magnetic pole is not directly connected to the return yoke, and the pole length of the recording magnetic pole is shorter than the length of the conductor in a direction opposite to the medium.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-291212  
(P2001-291212A)

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース\* (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

C 5 D 0 0 6

D 5 D 0 3 3

F

5/667

5/667

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-105837(P2000-105837)

(22) 出願日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 竹尾 昭彦

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会

社東芝青梅工場内

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

Fターム(参考) 5D006 CA03 DA03 DA08 FA09

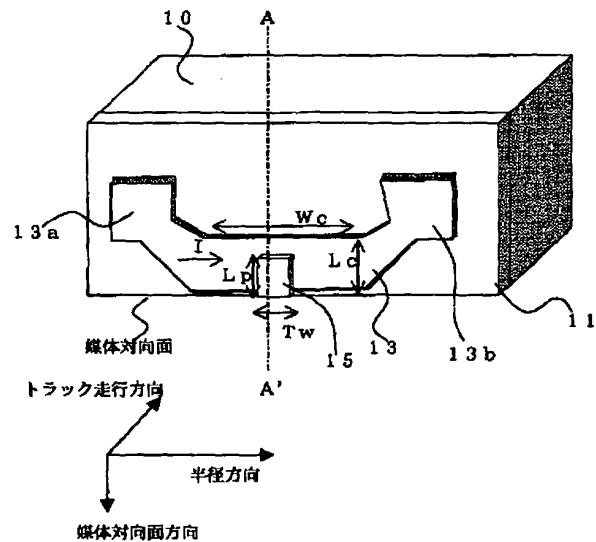
5D033 AA05 BA07 BA12 BA32

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッド及び垂直磁気記録装置

(57) 【要約】

【課題】 狭トラック記録用の垂直磁気記録ヘッドにおいて、記録磁極の残留磁化を安定に制御可能とし、残留磁化による垂直記録媒体の記録情報の破壊を防止する。

【解決手段】 垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう垂直磁気記録ヘッドにおいて、前記垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう記録磁極と、前記記録磁極に近接して配置され且つ前記記録磁極を励磁する導電体と、前記記録磁極に対して所定の間隔にて配置されるリターンヨークとを有し、前記記録磁極が前記リターンヨークと直接結合せず且つ前記記録磁極のポール長が前記導電体の媒体対向面方向の長さよりも短いことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう垂直磁気記録ヘッドにおいて、前記垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう記録磁極と、前記記録磁極に近接して配置され且つ前記記録磁極を励磁する導電体と、前記記録磁極に対して所定の間隔にて配置されるリターンヨークとを有し、前記記録磁極が前記リターンヨークと直接結合せず且つ前記記録磁極のポール長が前記導電体の媒体対向面方向の長さよりも短いことを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 2】 前記記録磁極に近接して配置される前記導電体の数を  $N$ 、前記導電体に流れる励磁電流の最大値を  $I_{max}$ 、前記導電体のトラック走行方向の長さを  $D_c$ 、前記導電体の媒体対向面方向の長さを  $L_c$ 、前記導電体と前記記録磁極との間の距離を  $R$ 、前記記録磁極の異方性磁界の大きさを  $H_k$  としたとき、前記記録磁極及

$$H_k > 8 \arctan \left( \frac{D_p L_p}{T_w \sqrt{D_p^2 + T_w^2 + L_p^2}} \right) B$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 6】 垂直磁気記録媒体と、前記垂直磁気記録媒体を支持及び回転駆動する駆動手段と、前記垂直磁気記録媒体に対して情報の記録を行なう垂直磁気記録ヘッドと、前記垂直磁気記録媒体に対して前記垂直磁気記録ヘッドを移動自在に支持する支持手段とを具備する垂直磁気記録装置であって、前記垂直磁気記録媒体は、記録層と軟磁性裏打ち層の少なくとも二層を有し、前記垂直磁気記録ヘッドが、前記垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう記録磁極と、前記記録磁極に近接して配置され且つ前記記録磁極を励磁する導電体と、前記記録磁極に対して所定の間隔にて配置されるリターンヨークとを有し、前記記録磁極が前記リターンヨークと直接結合せず且つ前記記録磁極のポール長が前記導電体の媒体対向面方向の長さよりも短いことを特徴とする垂直磁気記録再生装置。

【請求項 7】 前記記録磁極に近接して配置される前記

$$H_k > 8 \arctan \left( \frac{D_p L_p}{T_w \sqrt{D_p^2 + T_w^2 + L_p^2}} \right) B$$

を満足することを特徴とする請求項 6 乃至 8 記載の垂直磁気記録装置。

【請求項 10】 前記支持手段は、前記垂直磁気記録媒体への情報記録動作時において、前記記録磁極と前記垂直磁気記録媒体の軟磁性裏打ち層との距離を前記記録磁極と前記リターンヨークとの距離よりも短くなるように前記垂直磁気記録ヘッドを支持することを特徴とする請

び前記導電体が、次の関係式

$$H_k < N \times I_{max} / 2 (D_c + L_c + 2R)$$

を満足することを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 3】 前記導電体は、前記媒体対向面方向において、前記記録磁極の配置位置よりも後退した位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 4】 前記記録磁極は、前記記録磁極の自発磁化を横方向へ飽和させた時の内部に生じる静磁界の大きさ  $H_d$  が、前記記録磁極の異方性磁界  $H_k$  よりも小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 5】 前記記録磁極は、その形状が短冊状であり、且つ、前記記録磁極の飽和磁束の大きさを  $B$ 、異方性磁界の大きさを  $H_k$ 、記録トラック幅を  $T_w$ 、ポール長を  $L_p$ 、厚さを  $D_p$  としたとき、次の関係式

【数 2】

導電体の数を  $N$ 、前記導電体に流れる励磁電流の最大値を  $I_{max}$ 、前記導電体のトラック走行方向の長さを  $D_c$ 、前記導電体の媒体対向面方向の長さを  $L_c$ 、前記導電体と前記記録磁極との間の距離を  $R$ 、前記記録磁極の異方性磁界の大きさを  $H_k$  としたとき、前記記録磁極及び前記導電体が、次の関係式

$$H_k < N \times I_{max} / 2 (D_c + L_c + 2R)$$

を満足すること特徴とする請求項 6 記載の垂直磁気記録装置。

【請求項 8】 前記導電体は、前記媒体対向面方向において、前記記録磁極の配置位置よりも後退した位置に配置されていることを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の垂直磁気記録装置。

【請求項 9】 前記記録磁極は、その形状が短冊状であり、且つ、前記記録磁極の飽和磁束の大きさを  $B$ 、異方性磁界の大きさを  $H_k$ 、記録トラック幅を  $T_w$ 、ポール長を  $L_p$ 、厚さを  $D_p$  としたとき、次の関係式

【数 2】

求項 6 乃至 9 記載の垂直磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、垂直磁気記録技術に適用される垂直磁気記録ヘッド及びこれを用いた垂直磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録装置等の磁気記録の分野では、記録密度が飛躍的に増加しており、これに伴い、高記録密度にて安定に磁化を保つことが可能な垂直磁気記録方式が注目されている。この垂直磁気記録方式に用いられる垂直磁気記録ヘッドの一つである単磁極ヘッドについても、従来より様々なものが提案されており、例えば、特開平 11-110717 号公報では、励磁用の薄膜コイルを薄膜記録磁極先端付近に近接配置した構成を持たせることにより、記録磁極の記録時の励磁効率、及び、高周波数特性の改善を図ったものが開示されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、今後、記録密度のさらなる高密度化に伴い、単磁極ヘッドの記録磁極の狭トラック化、薄膜化がいつそう進むこととなるが、単磁極ヘッドの記録磁極の薄膜化を実現する上では、記録磁極の記録時の励磁の効率化に関する問題のみならず、非記録時における記録磁極の残留磁化に対する制御という大きな問題が生じる。これは、単磁極ヘッドの記録磁極の形状が媒体対向面方向（媒体対向面（ABS 面）に直交し且つ媒体対向面に向かう方向）に細長くなると、電流非印加時においても記録磁極の残留磁化が磁気記録媒体の媒体対向面方向へ向いてしまい、垂直磁気記録媒体に対して外乱磁界を発生させてしまうという問題である。

【0004】一方、従来技術の単磁極ヘッドでは、記録電流に耐えうように厚みを持った励磁用の薄膜コイルを間にはさんだ状態で、記録磁極とリターンヨークとを直接結合させた構造を持たせている。このため、単磁極ヘッドの記録磁極の狭トラック化が進むにつれ、記録磁極の形状が 3 次元的な複雑化及び伸長化が進むことから、電流非印加時に記録磁極の残留磁化が媒体対向面方向を向きやすく、垂直磁気記録媒体の記録情報を破壊（記録情報を消去したり、他の情報を書き込む等）してしまう可能性を持っている。

【0005】そこで、本発明では、記録密度の高密度化に伴い狭トラック化が進んだ狭トラック記録用の垂直磁気記録ヘッドにおいて、その記録磁極の残留磁化を安定に制御可能な垂直磁気記録ヘッド及び垂直磁気記録装置を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の垂直磁気記録ヘッドは、垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう垂直磁気記録ヘッドにおいて、前記垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう記録磁極と、前記記録磁極に近接して配置され且つ前記記録磁極を励磁する導電体と、前記記録磁極に対して所定の間隔にて配置されるリターンヨークとを有し、前記記録磁極が前記リターンヨークと直接結合せず且つ前記記録磁極のポール長が前記導電体の媒体対向面方向の長さよりも短いことを特徴とする。

【0007】また、本発明の垂直磁気記録再生装置は、垂直磁気記録媒体と、前記垂直磁気記録媒体を支持及び回転駆動する駆動手段と、前記垂直磁気記録媒体に対して情報の記録を行なう垂直磁気記録ヘッドと、前記垂直磁気記録媒体に対して前記垂直磁気記録ヘッドを移動自在に支持する支持手段とを具備する垂直磁気記録装置であって、前記垂直磁気記録媒体は、記録層と軟磁性裏打ち層の少なくとも二層を有し、前記垂直磁気記録ヘッドが、前記垂直磁気記録媒体に情報の記録を行なう記録磁極と、前記記録磁極に近接して配置され且つ前記記録磁極を励磁する導電体と、前記記録磁極に対して所定の間隔にて配置されるリターンヨークとを有し、前記記録磁極が前記リターンヨークと直接結合せず且つ前記記録磁極のポール長が前記導電体の媒体対向面方向の長さよりも短いことを特徴とする。

【0008】上記構成により、非記録時の記録磁極の残留磁化による強い漏洩磁界の発生を抑制可能であるため、漏洩磁界の影響による垂直磁気記録媒体の破壊を防止することが可能である。また、非記録時から記録時において磁化回転により記録磁極全体の磁化の媒体対向面方向の成分が増えていくのが支配的な特性を有する高周波での磁気記録に適した垂直磁気記録ヘッド及び垂直磁気記録装置を実現することが可能である。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】（垂直磁気記録ヘッド構造）以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0010】図 1 に、本発明の垂直磁気記録ヘッドである単磁極ヘッドの概略構造を示している。図 2 は、図 1 に示される単磁極ヘッドの A-A' 方向の断面概略図である。

【0011】図 1 及び図 2 に示す単磁極ヘッドは、基板 10 上に、軟磁性体のリターンヨーク 11、絶縁層 12、励磁用の薄膜導電体 13、絶縁層 14、軟磁性体の記録磁極 15 が積層製膜されている。なお、図 1 では、絶縁層 12 及び絶縁層 14 の図示を省略している。薄膜導電体 13 の両端部である 13a と 13b は、図示せぬ導体に電氣的に結合しており当該導体から両端部 13a、13b に記録磁極 15 の励磁を行うための励磁電流 I が流される。図 1 及び図 2 から分かるように、本発明の単磁極ヘッドは、リターンヨーク 11 と記録磁極 15 が直接結合せず、且つ、記録磁極 15 のポール長  $L_p$  が薄膜導電体 13 の媒体対向面方向の長さ  $L_c$  よりも短い構成を持っている。

【0012】記録磁極 15 がリターンヨーク 11 に直接結合する構成を持つ場合、記録磁極 15 のポール長  $L_p$  は、薄膜導電体 13 の媒体対向面方向の長さ  $L_c$  よりも必然的に長くなる。このため、薄膜導電体 13 の電流方向に直交する断面積を広くする場合や、複数枚の薄膜導電体 13 を積層した構造とする場合には、記録磁極 15

のポール長 $L_p$ をより長くする必要がある。これに対して、本発明の単磁極ヘッドでは、記録磁極15を薄膜導電体13に直接結合しない構成とすることで、記録磁極15のポール長 $L_p$ を極端に長くすることを防ぎ、これによって、記録磁極15のポール長 $L_p$ と記録トラック幅 $T_w$ との比率（アスペクト比）が極端に大きくならない形状としている。

【0013】また、単磁極ヘッドの構成としては、図1と図2に示すもの以外に、図3と図4で示されるように薄膜導電体を複数枚設けるものや、図5と図6で示されるように薄膜導電体を記録磁極の両側に設けたものであっても良い。

【0014】図3及び図4に示す単磁極ヘッドは、図1及び図2に示す単磁極ヘッドに対して、薄膜導電体13と絶縁層14の間に絶縁層16と薄膜導電体17を更に追加した構成を有している。図3及び図4中において、図1及び図2の単磁極ヘッドと同じ構成については、同じ符号を付与している。但し、図3では、絶縁層12、14、16の図示を省略している。また、図4は、図3に示される単磁極ヘッドのA-A'方向の断面概略図である。なお、この図3及び図4に示される単磁極ヘッドでは、記録磁極に近接して配置する薄膜導電体の枚数を2枚としているが、薄膜導電体の枚数はこれに限らず3枚以上としても良い。

【0015】また、図5及び図6に示す単磁極ヘッドは、図1及び図2に示す単磁極ヘッドに対して、記録磁極15の上にさらに絶縁層18と薄膜導電体19を追加した構成を有している。図5及び図6中において、図1及び図2の単磁極ヘッドと同じ構成については、同じ符号を付与している。但し、図5では、絶縁層12、14、18の図示を省略している。また、このとき、薄膜導電体19に流す励磁電流 $I'$ の方向は、薄膜導電体13に流す励磁電流 $I$ とは逆方向である。図6は、図5に示される単磁極ヘッドのA-A'方向の断面概略図である。さらに、図5及び図6から分かるように、この単磁極ヘッドでは、薄膜導電体13、19を、単磁極ヘッドの媒体対向面から離れた位置（媒体対向面方向において媒体対向面から後退した位置）に配置し、薄膜導電体13、19に対向する垂直磁気記録媒体との距離を離すようにしている。これは、薄膜導電体13及び19から発生する磁界が、垂直磁気記録媒体に直接到達し、当該垂直磁気記録媒体の記録情報を破壊することを防ぐためである。

【0016】なお、図5及び図6に示す単磁極ヘッドでは、記録磁極の両端に1枚ずつ薄膜導電体を近接して配置しているが、この両端に配置する薄膜導電体の枚数は1枚に限らず、どちらの側も2枚以上設けるようにしても良い。

【0017】また、薄膜導電体を単磁極ヘッドの媒体対向面から離れた位置に配置する構成は、図5、6の単磁

極ヘッドに限らず、図1乃至図4に示す単磁極ヘッドに用いても良い。

（記録磁極の形状）次に、上述したように記録磁極15のアスペクト比を極端に大きくしない方が良い理由について説明する。高トラック密度での利用を行う上で、記録磁極の記録トラック幅 $T_w$ が $0.5\mu m$ 以下となってきた場合、図14や図15に示すような従来型の構造を有する薄膜単磁極ヘッドでは、アスペクト比が非常に大きくなる。図14に示される比較例1の薄膜単磁極ヘッドは、記録磁極71の記録トラック幅 $T_w$ をあまり絞り込んでない構造となっており、励磁用導電体72を間にはさんだ状態でリターンヨーク73と直接接合している。

【0018】このような構造の場合、記録磁極71のポール長 $L_p$ が非常に長くなり、励磁用導電体72に励磁電流を印加していない時でも、記録磁極71では、形状反磁界を避けるために媒体対向面方向に残留磁化を生じやすくなってしまう。記録磁極71において残留磁化が媒体対向面方向に向いている状態では、記録磁極71が垂直磁気記録媒体上を走行するだけで、記録磁極71の残留磁化から発生する磁界によって、垂直磁気記録媒体の記録情報が破壊されてしまう。

【0019】図15に示される比較例2の薄膜単磁極ヘッドは、記録磁極81が記録トラック幅 $T_w$ を先端で絞り込んだ形状となっており、この記録磁極81が、励磁用導電体82を間にはさんだ状態でリターンヨーク83と直接接合した構成を有している。記録磁極81の絞り込みの位置84を先端に近づけ過ぎると、記録磁極81の絞り込み位置84の側面と垂直磁気記録媒体の裏打ち層との相互作用により、記録時の磁気信号のトラック幅 $T_w$ 方向の磁界分布がブロードになってしまう。逆に記録磁極81の絞り込み位置84を先端から離すと、狭トラック幅では絞り込みがきつすぎるため、記録磁極81の先端まで磁束が流れにくいという問題が生じる。

【0020】これら比較例1及び2の問題点の多くは、記録磁極の形状制限に起因するものである。一般に、記録磁極の材料となる軟磁性薄膜はその形状におけるアスペクト比が大きい程、記録磁極における磁化容易軸がその形状に沿ったポール長 $L_p$ 方向に向きやすいことが知られている。

【0021】このアスペクト比に応じた磁化容易軸の変化について、次に説明する。軟磁性薄膜のアスペクト比を変化させたときの磁区状態の変化を示すために、図7乃至図9に、異なるアスペクト比を有する軟磁性薄膜を用いた記録磁極の磁区状態の様子をそれぞれ示している。

【0022】図7は、例えば、パーマロイなどの軟磁性材料で構成された薄膜を用いた記録磁極において、アスペクト比を4:1としたときの残留磁化の磁区状態を模式的に示している。

【0023】記録磁極は、磁化異方性を横方向（図において、左から右の方向と、右から左の方向のどちらかの方向）につけている場合、その磁区状態が還流磁区構造をとるが、アスペクト比を4:1とした記録磁極では、残留磁化の残った状態でも、記録磁極の媒体対向面方向の外部には漏洩磁場はほとんど生じない。このような磁区状態を有する記録磁極であれば、非記録時に、磁気記録媒体にその媒体対向面方向の先端を向けても残留磁化によって生じる漏洩磁界によって垂直磁気記録媒体の記録情報が破壊されることはない。したがって、記録時に、励磁用導電体に励磁電流を印加したときにのみ、記録磁極によって、垂直磁気記録媒体に対して記録磁界を加えることが可能となる。

【0024】図8は、アスペクト比が6:1の薄膜を用いた記録磁極における残留磁化の磁区状態を模式的に示している。記録磁極の薄膜全体で還流磁区構造をとっているものの、その縦長の形状による反磁界が大きいため、記録磁極の媒体対向面方向に沿った磁区面積が大きくなっている。このため、記録磁極の残留磁化によって媒体対向面方向の先端から漏洩磁界が生じる。但し、その漏洩磁界は小さく、このアスペクト比の記録磁極の場合、非記録時にその漏洩磁界により垂直磁気記録媒体の記録情報を破壊するという可能性は低いと考えられる。

【0025】図9は、アスペクト比が20:1の薄膜を用いた記録磁極における残留磁化の磁区状態を模式的に示している。図9で示されているように、記録磁極の膜本来の磁化異方性を横方向へ向けようとしても、その記録磁極の形状による内部磁界が強められてしまうため、残留磁化が全て媒体対向面方向に向いた状態になってしまう。この残留磁化の磁区状態を持った記録磁極では、非記録時であっても、その媒体対向面方向の先端を磁気記録媒体に向けると、残留磁化により生じる強い漏洩磁界により磁気記録媒体の記録情報を破壊してしまうことになる。

【0026】このように、非記録時の記録磁極の残留磁化による垂直磁気記録媒体の記録情報の破壊を抑制するためには、記録磁極の形状としてアスペクト比の値の小さいものを用いる必要がある。

【0027】次に、図7及び図8の薄膜を用いた記録磁極に磁界を媒体対向面方向に印加したときに、その磁区状態がどの様に変化するかについて説明する。

【0028】図10は、図7に示すアスペクト比が4:1の薄膜を用いた記録磁極に対して磁界を媒体対向面方向に印加したときの磁区状態を模式的に示している。図

11は、図8に示すアスペクト比が6:1の薄膜を用いた記録磁極に対して磁界を媒体対向面方向に印加したときの磁区状態の変化を模式的に示している。

【0029】図10に示されるように、アスペクト比が4:1の薄膜を用いた記録磁極では、横方向に磁化が向いている磁区面積が大きいため、磁界を印加したときには、横方向の磁化が媒体対向面方向へと磁化回転することで記録磁極全体の磁化の媒体対向面方向の成分が増えていくのが支配的となる。なお、この場合、媒体対向面方向と逆方向に磁化が向いている磁区面積が小さくなると共に媒体対向面方向と同方向に磁化が向いている磁区面積が大きくなるといった磁壁移動は生じるが、この磁壁移動による磁化の媒体対向面方向成分の増加は、磁化回転と比較してその比率が低く、効果が少ない。

【0030】これに対して、図10のアスペクト比が6:1の薄膜を用いた記録磁極では、媒体対向面方向に磁化が向いている磁区面積が大きくなっており、これに対して横方向に磁化が向いている磁区面積がもともと少ない。このため、媒体対向面方向成分の増加は、横方向の磁化が媒体対向面方向へと磁化回転することによる効果よりも、媒体対向面方向とは逆方向に磁化が向いている磁区面積が小さくなると共に媒体対向面方向と同方向に磁化が向いている磁区面積が大きくなる磁壁移動による効果の方が比率が大きい。このため、この磁壁移動が媒体対向面方向成分の増加の支配的要因となる。

【0031】一般に、磁壁移動よりも磁化回転の方が高速に行われることが知られているため、高周波の磁気記録への応用を考慮した場合、図6及び図10のアスペクト比4:1の薄膜を用いた記録磁極の方が、図7及び図11のアスペクト比6:1の薄膜を用いた記録磁極よりも、高周波での磁気記録を行う記録磁極に適した構造を有しているといえる。

【0032】更に、高周波での磁気記録に適した記録磁極のアスペクト比は、その軟磁性材料の種類や薄膜の厚みによっても異なるが、図7のような最適な磁区状態とするためには、記録磁極の横方向への異方性磁界の大きさ $H_k$ が、記録磁極を一様に横方向に磁化し飽和させたときにその記録磁極の膜内部に生じる静磁界 $H_d$ よりも大きい値となれば良い。記録磁極が図7のように短冊状の場合、その膜内部に生じる静磁界 $H_d$ は、式1で示される値をとる。（式1）

【0033】

【数1】

$$H_d = 8 \arctan \left( \frac{DpLp}{Tw \sqrt{Dp^2 + Tw^2 + Lp^2}} \right) B$$

【0034】ここで、記録磁極のポール長を $Lp$ 、記録トラック幅を $Tw$ 、厚さを $Dp$ 、飽和磁束密度を $B$ とする。

【0035】従って、記録磁極の異方性磁界 $H_k$ が静磁界 $H_d$ がよりも大きくなれば良いため、記録磁極としては、式2を満たすような形状を有するようにすれば良

い。(式2)

【0036】

【数2】

$$Hk > 8 \arctan \left( \frac{DpLp}{Tw \sqrt{Dp^2 + Tw^2 + Lp^2}} \right) B$$

【0037】(記録磁極と薄膜導電体との距離)次に、本発明の単磁極ヘッドの記録磁極と薄膜導電体との距離について説明する。

【0038】図1乃至図6に示す本発明の単磁極ヘッドでは、記録磁極15がリターンヨーク11と直接結合しない構造となっているため、記録磁極15とリターンヨーク11による磁気回路上の効率がある程度低下する。このため、記録磁極15に記録に十分な磁化を発生させるためには、薄膜導電体13の表面に発生する磁界を記録磁極15にて十分活用する必要がある。すなわち、薄膜導電体13によって、記録磁極15全体に一樣に磁界を発生させるために、薄膜導電体13と記録磁極15との全面を十分に近接配置する必要がある。

【0039】ここで、薄膜導電体13に励磁電流Iが流れるとき、薄膜導電体13の周辺に発生する磁界強度Hを近似的に計算する。図1及び図2に示すように薄膜導電体13の励磁電流I方向(半径方向と同じ)に対する断面の縦の長さをLc(薄膜導電体13の媒体対向面方向の長さLcと同じ)、横の長さ(トラック走行方向の長さ)をDcとする。また、薄膜導電体13の半径方向の長さWcが記録磁極15の記録トラック幅Twに対して十分長いとする。このとき、薄膜導電体13に励磁電流Iを流すと、薄膜導電体13から距離rだけ離れた位置に発生する磁界Hは、近似的には、式3で示される値をとる。

(式3)

$$H = I / 2 (Lc + Dc + 2r)$$

本発明の単磁極ヘッドでは、薄膜導電体13の半径方向の長さWcが記録磁極15の記録トラック幅Twよりも十分長い場合、薄膜導電体13から励起される磁界Hを記録磁極15の全体に一樣に加えることが可能である。したがって、薄膜導電体13と記録磁極15との距離をR、薄膜導電体13に流れる励起電流Iの最大値をImaxとしたとき、記録磁極15に加わる磁界の最大値Hmaxは、式4で示される値をとる。

(式4)

$$Hmax = Imax / 2 (Lc + Dc + 2R)$$

よって、記録磁極15に加える磁界を強くするためには、薄膜導電体13と記録磁極15との距離Rを短くする必要がある。記録磁極15内の自発磁化を飽和させるためには、記録磁極15の異方性磁界Hk以上の強さの磁界を、記録磁極15の全体に対して加えることが必要であるため、薄膜導電体13と記録磁極15との距離Rは、式5を満たす範囲の値をとれば良いこととなる。

(式5)

$$Hk < Imax / 2 (Lc + Dc + 2R)$$

以上は、記録磁極15に近接配置する薄膜導電体13が1層の場合であるが、図3、4のように薄膜導電体を多層化したり、図5、6のように薄膜導電体を記録磁極の両側に配置することも可能である。ここで、記録磁極に近接配置する薄膜導電体の枚数をN(N>1)とし、また、記録磁極に対して複数の薄膜導電体の距離がそれぞれ略同一値Rとなるとすると、記録磁極と複数の薄膜導電体との距離Rは、式6を満たす範囲の値をとれば良いこととなる。

(式6)

$$Hk < N \times Imax / 2 (Lc + Dc + 2R)$$

以上説明したように、図1乃至図6に示す本発明の単磁極ヘッドでは、記録磁極をリターンヨークに直接結合させず、薄膜導電体の媒体対向面方向の長さLcよりも記録磁極のポール長Lpを短くすることにより、記録磁極をアスペクト比の値の小さい形状にした。これによって、非記録時の記録磁極の残留磁化による強い漏洩磁界の発生を抑制可能であるため、漏洩磁界の影響による磁気記録媒体の破壊を防止することが可能である。また、アスペクト比の小さい形状とすることで、記録磁極が非記録時から記録時において磁化回転により記録磁極全体の磁化の媒体対向面方向の成分が増えていくのが支配的な特性を有することとなり、高周波での磁気記録に適した単磁極ヘッドを実現することが可能である。

(磁気ディスク装置)次に、本発明の図1乃至図6の単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録装置について説明する。

【0040】図12に本発明の垂直磁気記録装置の概観図を示している。図12に示されるように、本発明の垂直磁気記録装置は、上面の開口した矩形箱上の筐体25と、複数のねじにより筐体25にねじ止めされる筐体の上端開口を閉塞する図示しないトップカバーとを有している。筐体25内には、垂直磁気記録媒体21、この垂直磁気記録媒体21を支持および回転させる駆動手段としてのスピンドルモータ20、垂直磁気記録媒体21に対して情報の記録及び再生を行なう磁気ヘッド22、磁気ヘッド22を先端に搭載したサスペンションを有し且つ磁気ヘッド22を垂直磁気記録媒体21に対して移動自在に支持するヘッドアクチュエータ23、ヘッドアクチュエータ23を回転自在に支持する回転軸27、回転軸27を介してヘッドアクチュエータ23を回転および位置決めするボイスコイルモータ26、ヘッドアンプ回路24が収納されている。

【0041】また、図13には、本発明の垂直磁気記録



装置の磁気ヘッド 22 の拡大図を示してゐる。図 13 において、磁気ヘッド 22 は記録部 30 と再生部 40 とを有している。このうち、記録部 30 に本発明の単磁極ヘッドを用いており、この記録部 30 は、記録磁極 15、薄膜導電体 13、リターンヨーク 11 などから構成されている。記録部 30 は、再生部 40 と共に浮上スライダ 50 に組み込まれており、この浮上スライダ 50 が所定速度で回転する垂直磁気記録媒体 60 上を極低位置で浮上走行することにより、記録磁極 15 及びリターンヨーク 11 が、磁気記録媒体 60 表面に対して近接対向している。

【0042】また、垂直磁気記録媒体 60 は、本発明の垂直磁気記録装置の情報の記録対象となる垂直磁気記録媒体であり、アルミニウムや強化ガラスなどを用いた基板 61 上にパーマロイ、センダスト、 $\text{CoZrNb}$  などを用いた軟磁性裏打ち層 62、 $\text{CoCr}$  系合金、 $\text{CoPt}$  系合金などを用いた垂直配向磁気記録層 63、カーボン膜などによる保護層 64、潤滑層 65 が順に積層されている。軟磁性裏打ち層 62、垂直配向磁気記録層 63 はそれぞれ結晶配向制御などを目的とした下地層を有していても良い。

【0043】ここで、磁気ヘッド 22 の記録部 30 と磁気記録媒体 60 との構造的関係において、磁気記録媒体 60 への適切な情報記録を可能とする条件を以下に説明する。

【0044】磁気記録媒体 60 への適切な情報記録を可能とする条件としては、記録磁極 15 の先端から磁気記録媒体 60 の軟磁性裏打ち層 62 までの磁気スペーシングを  $S$ 、記録磁極 15 とリターンヨーク 11 間の距離を  $D$  としたとき、磁気スペーシング  $S$  が距離  $D$  よりも短いことが必要となる。すなわち、磁気スペーシング  $S$  が距離  $D$  よりも短い場合は、記録磁極 15 の先端から出た磁束は、垂直配向磁気記録層 63 を垂直方向に通過し軟磁性裏打ち層 62 を経由してリターンヨーク 11 へと戻ることとなり、垂直磁気記録方式として適切な磁束の流れとなる。一方、距離  $D$  の方が磁気スペーシング  $S$  よりも短くなってしまった場合は、記録磁極 15 の先端から出た磁束がリターンヨーク 11 へと流れる方向に集中してしまい、軟磁性裏打ち層 62 へは磁束が殆ど流れなくなるため、磁気ヘッド 22 の記録部 30 と磁気記録媒体 60 との構造的関係としては不適切である。

【0045】このように、記録磁極 15 の先端から軟磁性裏打ち層 62 までの磁気スペーシング  $S$  が記録磁極 15 とリターンヨーク 11 間の距離  $D$  より短くした位置関係にて、情報記録を行なうことにより、良好な垂直磁気記録特性にて情報記録を行なうことができる。

【0046】

【発明の効果】以上詳述したように本発明では、記録磁極をリターンヨークに直接結合させず、薄膜導電体の媒体対向面方向の長さよりも記録磁極のポール長を短くす

ることにより、記録磁極をアスペクト比の値の小さい形状にした。これによって、非記録時の記録磁極の残留磁化による強い漏洩磁界の発生を抑制可能であるため、漏洩磁界の影響による垂直磁気記録媒体の破壊を防止することが可能である。また、記録磁極をアスペクト比の小さい形状とすることで、非記録時から記録時において磁化回転により記録磁極全体の磁化の媒体対向面方向の成分が増えていくのが支配的な特性を有した高周波での磁気記録に適した垂直磁気記録ヘッド及び垂直磁気記録装置を実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態に係わる単磁極ヘッドの概略構造図。

【図 2】本発明の実施形態に係わる単磁極ヘッドの断面概略図。

【図 3】本発明の実施形態に係わる薄膜導電体を複数枚設けた構成の単磁極ヘッドの概略構造図。

【図 4】本発明の実施形態に係わる薄膜導電体を複数枚設けた構成の単磁極ヘッドの断面概略図。

【図 5】本発明の実施形態に係わる薄膜導電体を記録磁極の両側に設けた構成の単磁極ヘッドの概略構造図。

【図 6】本発明の実施形態に係わる薄膜導電体を記録磁極の両側に設けた構成の単磁極ヘッドの断面概略図。

【図 7】アスペクト比が 4 : 1 の形状の記録磁極の磁区状態を模式的に示した図。

【図 8】アスペクト比が 6 : 1 の形状の記録磁極の磁区状態を模式的に示した図。

【図 9】アスペクト比が 20 : 1 の形状の記録磁極の磁区状態を模式的に示した図。

【図 10】アスペクト比が 4 : 1 の形状の記録磁極において磁界を媒体対向面方向へ印加したときの磁区状態を模式的に示した図。

【図 11】アスペクト比が 6 : 1 の形状の記録磁極において磁界を媒体対向面方向へ印加したときの磁区状態を模式的に示した図。

【図 12】本発明の実施形態に係わる垂直磁気記録装置の概観図。

【図 13】本発明の実施形態に係わる垂直磁気記録装置の垂直磁気ヘッドと垂直磁気記録媒体との最適な構造的関係位置関係を説明するための図。

【図 14】比較例 1 の従来型の薄膜単極ヘッドの概略構造図。

【図 15】比較例 2 の従来型の薄膜単極ヘッドの概略構造図。

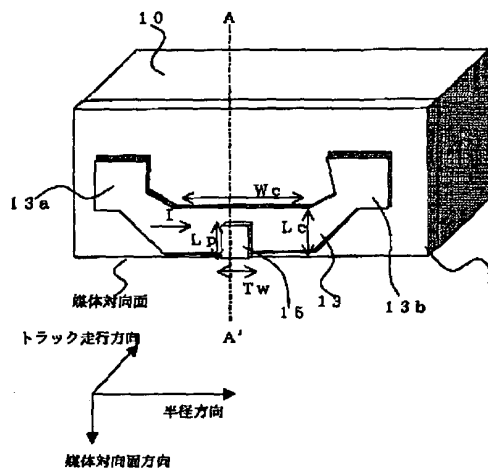
【符号の説明】

- 10…基板
- 11…リターンヨーク
- 12、14、16、18…絶縁層
- 13、17、19…薄膜導電体
- 15…記録磁極

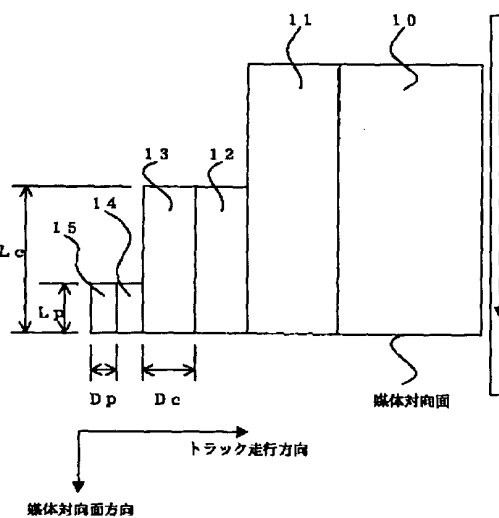
20…スピンドルモータ  
 21…垂直磁気記録媒体  
 22…磁気ヘッド  
 23…ヘッドアクチュエータ  
 24…ヘッドアンプ回路  
 25…筐体  
 26…ボイスコイルモータ  
 27…回転軸  
 30…記録部  
 40…再生部  
 50…浮上スライダ

60…垂直磁気記録媒体  
 61…基板  
 62…軟磁性裏打ち層  
 63…垂直配向磁気記録層  
 64…保護層  
 65…潤滑層  
 71、81…記録磁極  
 72、82…励磁用導電体  
 73、83…リターンヨーク  
 84…絞込み位置

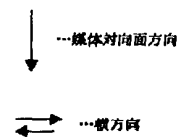
【図1】



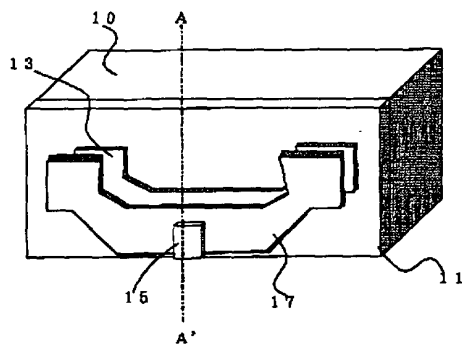
【図2】



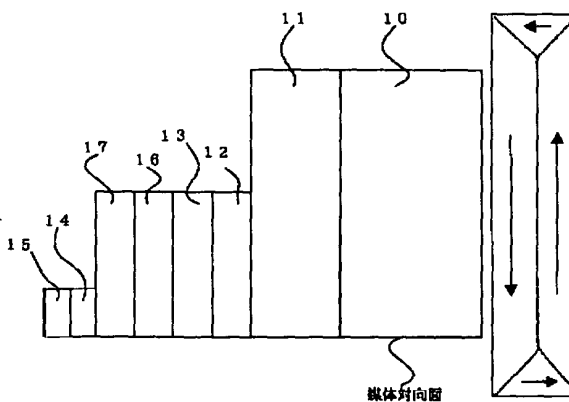
【図9】



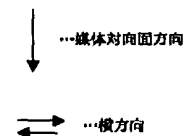
【図3】



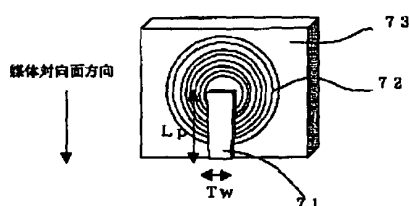
【図4】



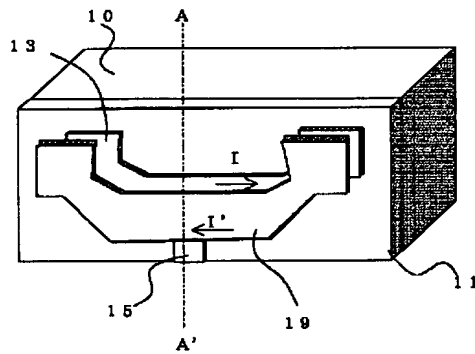
【図8】



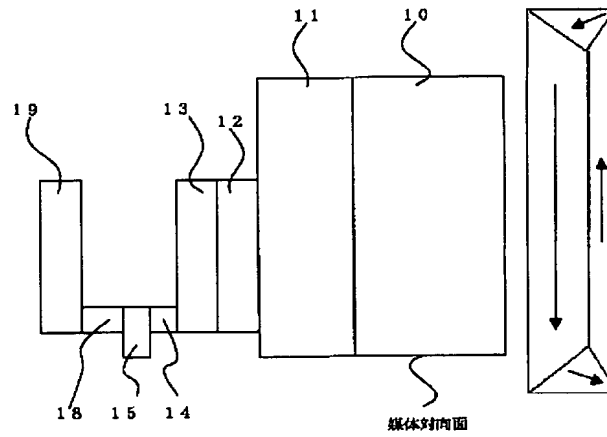
【図14】



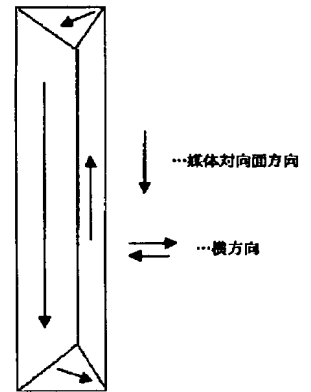
【図 5】



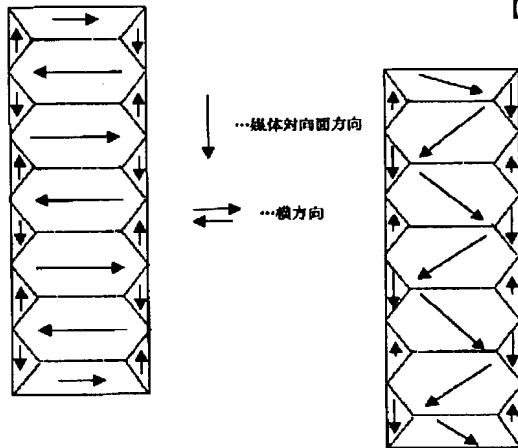
【図 6】



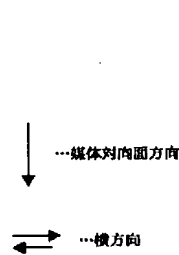
【図 11】



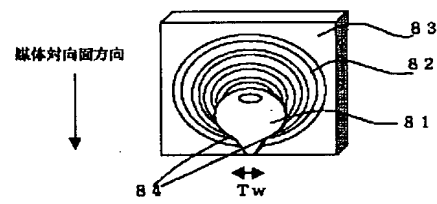
【図 7】



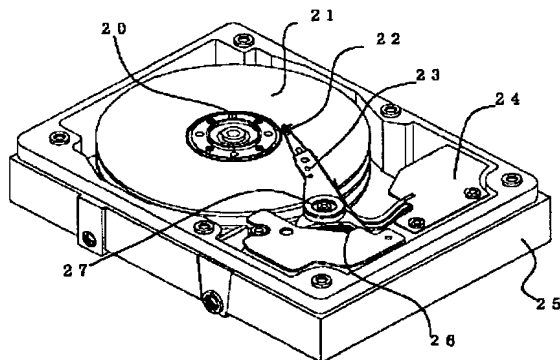
【図 10】



【図 15】



【図 12】



【図 13】

